

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



10/512077



(43) Date de la publication internationale
4 décembre 2003 (04.12.2003)

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/099707 A2

PCT

(51) Classification internationale des brevets⁷ : B81C 1/00

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/01423

(22) Date de dépôt international : 7 mai 2003 (07.05.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/05731 7 mai 2002 (07.05.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : UNI-
VERSITE CLAUDE BERNARD LYON I [FR/FR]; 43,
boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne
Cedex (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : MARTY,
Olivier [FR/FR]; 3, rue Bouteille, F-69001 Lyon (FR). LY-
SENKO, Volodymyr [UA/FR]; 4, allée Julien Duvivier,
F-69100 Villeurbanne (FR).

(74) Mandataire : THIBAUT, Jean-Marc; Cabinet Beau de
Loménie, 51, avenue Jean Jaurès, B. P. 7073, F-69301 Lyon
Cedex 07 (FR).

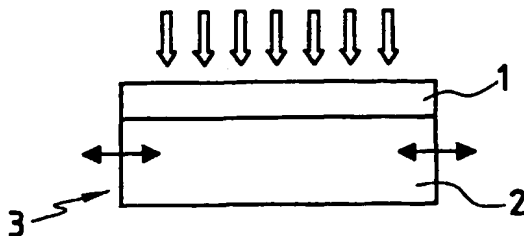
Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD OF ALTERING THE PROPERTIES OF A THIN FILM AND SUBSTRATE IMPLEMENTING SAID
METHOD

(54) Titre : PROCEDE POUR MODIFIER LES PROPRIETES D'UNE COUCHE MINCE ET SUBSTRAT FAISANT APPLICA-
TION DU PROCEDE



(57) Abstract: The invention relates to a method of altering the prop-
erties of a thin film (1) which is disposed on the surface of a support
(2), thereby forming a substrate (3) which is used in the field of micro-
and nano-electronics and micro- and nano-technology. The inventive
method consists in producing at least one thin film (1) on a nanostruc-
tured support having a large specific surface area (2) and treating said
nanostructured support (2) in order to generate internal stresses therein.
In this way, a deformation is produced in said support at least in the plane
of the thin film in such a way as to ensure a corresponding deformation
in the thin film, in order to alter the properties thereof.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé pour modifier les propriétés d'une couche mince (1) réalisée en surface d'un support
(2) formant un substrat (3) utilisé dans le domaine de la micro-, nano-électronique ou de la micro-, nano-technologie, consistant à
réaliser sur un support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), au moins une couche mince (1), et à traiter le support nanostruc-
turé à surface élevée (2) pour générer des contraintes internes dans le support entraînant sa déformation au moins dans le plan de la
couche mince de manière à assurer une déformation correspondante de la couche mince pour en modifier ses propriétés.

WO 03/099707 A2

PROCEDE POUR MODIFIER LES PROPRIETES D'UNE COUCHE MINCE ET SUBSTRAT FAISANT APPLICATION DU PROCEDE

La présente invention concerne le domaine de la réalisation de substrats comprenant au moins une couche mince déposée en surface d'un support, de tels
5 substrats étant utilisés dans les domaines de la micro-,nano-électronique ou de la micro-,nano-technologie au sens général.

La présente invention trouve des applications particulièrement avantageuses dans le domaine des matériaux ayant des fonctions électroniques, optoélectroniques, magnétiques, supra-conductrices ou piézoélectriques par exemple.

10 Par exemple, certaines applications électroniques et optoélectroniques peuvent nécessiter l'utilisation de matériaux semi-conducteurs ternaires ou quaternaires. Cependant, le nombre de ces matériaux ternaires et quaternaires à haute qualité structurale qu'il est possible d'obtenir par une croissance épitaxiale est limité car il est rarement possible de trouver un substrat dont le réseau cristallin est adapté à celui
15 de la couche semi-conductrice à faire croître. Par conséquent, l'hétéroépitaxie effectuée en désaccord de maille provoque la formation d'une quantité importante de défauts structuraux au-delà d'une épaisseur critique, ce qui entraîne irréversiblement par la suite, des modifications indésirables des propriétés physiques attendues des couches épitaxiées. Par ailleurs, l'utilisation de couches semi-conductrices simples
20 ou composées contraintes peuvent avantageusement être utilisées pour profiter de l'amélioration de certaines propriétés. Là encore, l'utilisation d'une technique permettant de déformer ces couches de manière homogène serait avantageuse.

Pour tenter de résoudre ces problèmes, des techniques de croissance incluant la réalisation de couches tampons dont l'objectif est de permettre d'absorber les
25 contraintes induites par la différence des paramètres de maille entre le substrat et la couche mince épitaxiée ont été développées.

Une première famille de techniques vise à utiliser des substrats compliant consistant à réaliser une épitaxie en désaccord de maille sur une fine membrane servant de couche germe. L'énergie de contrainte est alors censée être relaxée de
30 manière élastique ou plastique par la membrane.

A titre d'exemple, une technique de compliance élastique d'une membrane germe a été décrite par S.I. Romanov et al., Appl. Phys. Lett. 75, (1999) p. 4118.

Cette technique consiste :

- à porosifier la surface d'un substrat de Si de manière à former deux couches poreuses à surface spécifiques élevées en surface, la couche de surface présentant une faible porosité alors que celle qui s'intercale entre la couche de surface et le substrat présente une porosité élevée,
- à oxyder légèrement (une monocouche maximum) la surface du substrat obtenu afin de stabiliser mécaniquement les cristallites,
- à désoxyder le substrat dans le bâti de croissance juste avant l'épitaxie d'une fine couche de Si et,
- à faire une croissance en désaccord de maille d'une couche de SiGe sur la fine couche de Si.

Le procédé décrit par Romanov et al consiste donc à réaliser une croissance épitaxiale en désaccord de maille sur une membrane de Si obtenue sur du Si poreux. Un effet de compliance (déformation) des couches poreuses semble être observé.

- Des études portant sur d'autres systèmes de substrats compliant ont été menées. Il peut être cité à titre d'exemple, l'article A.M. Jones Appl. Phys. Lett. 74, (1999) p. 1000 décrivant une technique de croissance sur une membrane libre visant à déposer sur un substrat deux couches, à savoir une première qui est dite sacrificielle et ensuite la membrane fine sur laquelle est réalisée l'épitaxie. La couche sacrificielle est une couche dont la vitesse d'attaque chimique pour une solution est grande devant celle de la membrane. Une étape de lithographie est réalisée pour laisser subsister uniquement un disque de la membrane à la surface de l'échantillon qui est ensuite plongé dans la solution d'attaque chimique. La couche sacrificielle est gravée, y compris sous le disque par sous gravure. L'attaque chimique est stoppée lorsqu'il ne reste qu'un pilier pour porter le disque de la membrane sur lequel est réalisée la croissance d'une couche épitaxiée. La membrane est alors susceptible de se déformer pour limiter les déformations de la couche épitaxiée. Cette méthode présente l'avantage que la couche contrainte épitaxiée est relativement bien relaxée de manière élastique. Cependant, cette méthode présente de nombreux inconvénients comme la fragilité de la structure, la non planarité des surfaces, la difficulté du procédé de réalisation et la faible taille des zones obtenues.

Il peut être cité également une méthode dite de fusion désalignée ou « twist bonding » décrite notamment par l'article Y.H. Lo, Appl. Phys. Lett. 59, (1991) p. 2311 visant à reporter une membrane contrainte ou non, sur un substrat hôte en s'assurant de la réalisation d'une rotation entre les directions cristallographiques de la membrane et celle du substrat. Il est ainsi créé un réseau de dislocations à l'interface entre la membrane et le substrat. Il est alors réalisé une croissance d'une couche contrainte sur la membrane. Sous l'effet de l'énergie de contrainte, les dislocations sont censées changer d'orientation pour prendre un caractère coin et minimiser de cette façon cette énergie. L'avantage de cette technique porte sur le report de la membrane sur la totalité du substrat. Cependant, il n'existe aucune garantie de la relaxation ainsi réalisée et des doutes subsistent sur l'homogénéité de la relaxation obtenue.

Il peut aussi être cité à titre d'exemple la technique d'adhésion moléculaire ou « wafer bonding » décrit notamment par l'article D. M. Hansen et al., J. Cryst. Growth. 195, (1998) p. 144, visant à reporter une membrane par adhésion moléculaire sur un substrat oxydé en surface. La croissance de la couche contrainte est ensuite réalisée sur la membrane. Les atomes de la membrane présents à l'interface peuvent effectuer des petits déplacements pour relaxer la couche contrainte. L'avantage principal de cette technique est la grande taille des surfaces obtenues. Toutefois, même si un effet de compliance est observé, la relaxation n'est pas totale. Les épaisseurs critiques des couches déposées sont augmentées mais il n'est pas encore possible de réaliser des couches épaisses exemptes de défauts structuraux.

L'ensemble de ces techniques de compliance plastique ou élastique ne présentent pas les caractéristiques attendues. La déformation plastique ou élastique de la couche germe par la couche épitaxiale n'est pas ou que trop partiellement observée. D'autre part, les dimensions latérales des zones obtenues exemptes de défauts sont trop faibles.

Dans l'état de la technique, une autre famille de solutions connues concerne la technique paramorphique consistant à faire l'épitaxie d'une membrane contrainte puis de la faire relaxer élastiquement pour faire ensuite une épitaxie en accord de maille. Cette technique vise à déposer sur un substrat successivement une couche

sacrificielle et une membrane contrainte par épitaxie. Une étape de lithographie permet ensuite de graver sélectivement la membrane afin d'obtenir des disques. Une gravure chimique humide est réalisée pour graver totalement la couche sacrificielle y compris sous les disques par sous gravure. La membrane contrainte se relaxe alors de
5 manière élastique dans la mesure où elle n'est plus maintenue. Cette membrane contrainte se dépose ensuite sur le substrat. Le principal avantage de cette technique vient de la reprise de croissance en accord de maille. Cependant, les disques obtenus sont limités en taille (quelques centaines de microns) et les désaccords des paramètres initiaux de la membrane sont faibles (1% environ).

10 Une autre famille de solutions décrite par D.S. Cao., J. Appl. Phys. 65, (1989) p.2451 est la voie métamorphique avec l'utilisation de couches tampons de compositions fixes ou graduelles voire de super-réseaux. Les couches tampons ont un paramètre de maille différent de celui du substrat. La croissance de ces couches est réalisée pour des épaisseurs supérieures à l'épaisseur critique. La couche tampon
15 se relaxe alors par génération de dislocations et retrouve ses paramètres de maille non contraints. La croissance de la couche active souhaitée est alors réalisée sur ces couches tampons de paramètres de maille différents de ceux du substrat d'origine. La première difficulté de cette technique provient du confinement des dislocations dans la couche tampon qui n'est pas total, des dislocations émergentes étant toujours
20 présentes dans la couche active venant dégrader les propriétés de cette dernière. La seconde provient de l'apparition d'une rugosité à la surface de la couche tampon qui peut dégrader les propriétés attendues de la couche active.

L'état de la technique a également proposé par le document JP 2000 091 627, une technique de fabrication d'émetteurs de lumière consistant à réaliser un dépôt
25 d'un matériau polycristallin à grains fins, suivi d'un traitement thermique. Ce recuit permet un réarrangement atomique qui conduit à l'augmentation de la taille des grains. Cependant, cette technique ne donne aucune garantie sur l'homogénéité de la réorganisation et ne permet pas d'effectuer la croissance épitaxiale d'une couche quelconque en accord de maille avec son substrat.

30 L'analyse des différentes techniques connues à ce jour conduit à constater qu'elles ne donnent pas satisfaction en pratique. Il apparaît donc le besoin de pouvoir disposer d'une technique permettant soit d'effectuer la croissance épitaxiale d'une

couche quelconque en accord de maille avec son substrat soit de déformer la couche mince souhaitée afin qu'elle possède des propriétés différentes de la même couche mince non déformée.

La déposante a exprimé le besoin de pouvoir disposer d'une technique permettant de modifier les paramètres de maille d'un substrat afin de permettre soit l'épitaxie en accord de maille de matériaux cristallins, soit l'utilisation directe du substrat déformé pour ses propriétés modifiées. Pour satisfaire ce besoin, la déposante propose une technique permettant de modifier le paramètre de maille d'une couche mince contrainte ou non, réalisée directement ou indirectement sur un support formant ensemble un substrat. D'une manière plus générale, cette technique permet non seulement de modifier le paramètre de maille mais diverses autres propriétés d'une couche mince déposée en surface d'un support formant un substrat pouvant être utilisé dans le domaine de la micro-, nano-électronique ou de la micro-, nano-technologie.

L'objet de l'invention concerne un procédé pour modifier les propriétés d'une couche mince. Le procédé selon l'invention consiste :

- à réaliser sur un support nanostructuré à surface spécifique élevée, au moins une couche mince,
- et à traiter le support nanostructuré pour générer des contraintes internes dans le support entraînant sa déformation au moins dans le plan de la couche mince de manière à assurer une déformation correspondante de la couche mince pour en modifier ses propriétés.

Selon une variante préférée de réalisation, le procédé consiste à traiter le support nanostructuré à surface spécifique élevée par voie chimique pour assurer une déformation correspondant à une dilatation ou à une contraction de sa nanostructure.

Selon une caractéristique de l'invention, le procédé consiste à choisir un support nanostructuré à surface spécifique élevée parmi diverses nanostructures à base de métaux, de semi-conducteurs ou de matériaux diélectriques.

Selon une variante préférée de réalisation, le procédé consiste après le traitement du support nanostructuré à surface spécifique élevée, à effectuer sur la couche mince, la croissance épitaxiale d'un matériau cristallin.

De préférence, le procédé consiste à choisir une couche mince apte à posséder après traitement du support nanostructuré à surface spécifique élevée, un paramètre de maille correspondant au paramètre de maille du matériau cristallin destiné à être formé par croissance épitaxiale sur ladite couche mince.

- 5 De préférence, le procédé consiste à réaliser sur le support nanostructuré à surface spécifique élevée, une couche mince précontrainte ou non.

Selon une variante de réalisation, le procédé consiste à former sur le support nanostructuré à surface spécifique élevée, au moins une couche intermédiaire entre la couche mince et le support nanostructuré à surface spécifique élevée.

- 10 Avantageusement, le procédé consiste à effectuer sur la couche mince, la croissance épitaxiale d'un matériau cristallin choisi parmi les matériaux semi-conducteurs, magnétiques ou supra-conducteurs.

- Avantageusement encore, le procédé consiste à réaliser sur le support nanostructuré à surface spécifique élevée une couche mince réalisée en un matériau possédant des propriétés piézoélectriques.
- 15

Selon une variante de réalisation, le procédé consiste à réaliser sur la couche mince une opération de lithographie pour faire apparaître des zones piézoélectriques.

- Selon une autre variante de réalisation, le procédé consiste à déformer le support nanostructuré à surface spécifique élevée de manière qu'apparaisse des charges électriques au niveau de la couche mince.
- 20

- Un autre objet de l'invention vise à proposer un substrat pour la micro-,nano-électronique ou la micro-,nano-technologie, formé par un support nanostructuré à surface spécifique élevée et déformé à la suite d'un traitement et sur la surface duquel est réalisé au moins une couche mince déformée en correspondance du support.
- 25

Avantageusement, le substrat comporte une couche épitaxiale d'un matériau cristallin semi-conducteur, magnétique ou supra-conducteur, formée sur la couche mince.

- Avantageusement, le substrat comporte une couche mince réalisée en un matériau piézoélectrique.
- 30

Un autre objet de l'invention vise l'application du substrat à la réalisation d'un élément optoélectronique.

Un autre objet de l'invention vise l'application du substrat à la réalisation d'un composant électronique.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation de l'objet de l'invention.

La **fig. 1** illustre un substrat sur lequel est appliqué le procédé conforme à l'invention.

Les **fig. 2a à 2d** illustrent les différentes phases d'un premier exemple de réalisation d'un substrat comprenant une couche mince adaptée à la croissance épitaxiale.

Les **fig. 3, 3a, 4a, 5a** illustrent les différentes phases d'une première variante de réalisation d'un substrat mettant en œuvre le procédé conforme à l'invention.

Les **fig. 3b et 4b** illustrent les différentes phases d'une deuxième variante de réalisation d'un substrat mettant en œuvre le procédé conforme à l'invention.

Les **fig. 6a, 6b, 6c** illustrent les différentes phases caractéristiques du procédé conforme à l'invention mis en œuvre pour un matériau piézoélectrique.

Tel que cela ressort de la **fig. 1**, l'objet de l'invention concerne un procédé pour modifier les propriétés d'une couche mince **1** réalisée à la surface plane d'un support **2** formant ensemble, un substrat **3** destiné à être utilisé dans les domaines de la micro-, nano-électronique ou de la micro-, nano-technologie.

Le procédé selon l'invention consiste à prendre un support nanostructuré **2** présentant une surface spécifique élevée, c'est-à-dire un support qui contient au moins une couche constituée de nanocristallites et/ou de nanoparticules de diverses formes géométriques interconnectées entre elles et dont au moins une dimension est inférieure ou égale à 1 000 nm et dont la somme des surfaces de chaque nanocristallite et/ou nanoparticule soit plus grande que la surface plane occupée par ladite couche. Divers matériaux nanostructurés peuvent être utilisés pour constituer le support nanostructuré **2** selon l'invention à savoir par exemple :

- les nanostructures à surface spécifique élevée à base de métaux ou semi-métaux,

- les semi-conducteurs nanostructurés à surface spécifique élevée tels que par exemple le silicium poreux ou d'autres semi-conducteurs nanostructurés de type IV, IV-IV, III-V, II-VI, etc.,

5 - ou les matériaux diélectriques nanostructurés à surface spécifique élevée à base de TiO_2 (anatase, rutile), Al_2O_3 , ZnO , etc.

Le procédé selon l'invention vise à former ou à réaliser sur la surface planaire du support nanostructuré 2 au moins une couche mince 1 dite de contrainte. Cette couche mince de contrainte 1 est soit rapportée directement ou indirectement sur le support nanostructuré 2 à l'aide par exemple d'un collage utilisant des moyens
10 d'adhésion moléculaire, soit déposée par une méthode quelconque, soit réalisée à partir du support nanostructuré 2.

La couche mince se trouve réalisée en un matériau dépendant de l'application envisagée pour le substrat 3 tel que, par exemple, un métal, un diélectrique, un semi-conducteur ou un polymère de tous types.

15 Le procédé selon l'invention vise ensuite à traiter le support nanostructuré 2 pour générer des contraintes internes dans le support entraînant sa déformation au moins dans le plan de la couche mince 1 afin d'en modifier ses propriétés. Le support nanostructuré 2 est traité de manière à changer son volume, c'est-à-dire à le dilater ou à le contracter de manière que la couche mince 1 subisse à l'interface entre le
20 support nanostructuré 2 et la couche mince 1, la même déformation que le support nanostructuré 2. La couche mince 1 se retrouve alors en tension ou en compression.

Il doit être compris que les contraintes internes engendrées dans le support nanostructuré 2 par le traitement se relaxent ensuite, partiellement ou complètement, par la déformation des nanocristallites et/ou nanoparticules à l'échelle nanométrique
25 entraînant la déformation macroscopique du support nanostructuré 2.

Les moyens utilisables pour générer ces contraintes internes sont multiples et peuvent être utilisés soit séparément soit conjointement. L'un de ces moyens consiste à modifier la physico-chimie des nanocristallites et/ou nanoparticules. A titre d'exemple, une modification de la chimie des nanocristallites entraîne des variations
30 des distances interatomiques moyennes des atomes formant les nanocristallites. Ces modifications de nature chimique se traduisent par des contraintes internes apparaissant à l'échelle nanométrique qui se relaxent par une déformation des

nanocristallites tout en entraînant une déformation macroscopique du support nanostructuré. Un autre moyen consiste à combler le vide présent entre les nanocristallites par insertion de matière (par exemple lors d'un dépôt en phase vapeur). Cet ajout de matière comprime les nanocristallites qui se déforment. L'un des avantages de cette technique est de permettre de modifier le coefficient de dilatation thermique global du support en choisissant la nature des dépôts réalisés entre les nanocristallites de manière à faire correspondre ce coefficient à celui de la couche épitaxiée. L'opération de traitement du support nanostructuré 2 qui vise à assurer sa déformation est réalisée par tout moyen approprié tel que chimique par exemple.

Le procédé selon l'invention permet donc de faire varier le volume du support nanostructuré 2, par un effet de dilatation ou de contraction, afin d'assurer la déformation correspondante, à savoir une dilatation ou une contraction de la couche mince 1 à l'interface avec le support. Un tel procédé permet de modifier les propriétés de la couche mince 1, telles que physiques ou morphologiques (variation du paramètre de maille, épaisseur, ...), électriques (levée de la dégénérescence de la bande de valence dans les semi-conducteurs, apparition de charges pour les couches piézoélectriques, changement de constante diélectrique, modification des propriétés de transport électrique comme par exemple, la variation de la mobilité des électrons et des trous dans du silicium, ...), magnétiques (modification du cycle d'Hystérésis avec la modification de la symétrie cristalline pour les matériaux ferromagnétiques) ou optiques (modification de l'énergie d'absorption des photons, d'indice de réfraction, ...).

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir un substrat 3 ne présentant pas de limite de taille, tout en étant compatible avec les nano ou micro-technologies de fabrication collective de composants. Cette solution présente également l'avantage d'un coût réduit de réalisation.

Les fig. 2a à 2d illustrent une première variante de réalisation d'un substrat 3 obtenu par le procédé selon l'invention et destiné à permettre la croissance d'une couche épitaxiale en accord de maille parfait ou quasi-parfait.

La fig. 2a illustre un support 2 nanostructuré partiellement par un procédé permettant la porosification nanométrique de sa structure cristalline ou par un

procédé permettant la croissance d'une couche nanostructurée sur sa surface. Le support 2 nanostructuré partiellement comporte une couche non nanostructurée 2₁ et une couche nanostructurée 2₂. Bien entendu, la couche 2₁ peut être constituée d'une série de couches de nature chimique différentes. Cette couche 2₁ peut être de nature chimique différente ou non de la couche 2₂. Cette couche 2₁ peut être contrainte par rapport à la couche 2₂ avant l'opération de déformation. De même, il est à noter que l'objet de l'invention peut être mis en œuvre avec un support 2 nanostructuré complètement.

Dans l'exemple illustré, le support nanostructuré 2 comprend une couche 2₁ de silicium monocristallin et une couche 2₂ de silicium poreux nanostructuré. Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 2b, une couche mince 1 est réalisée sur le support à savoir sur la couche de silicium poreux nanostructuré 2₂. Cette couche mince 1 est par exemple constituée par du phosphore d'indium (InP) et se trouve réalisée par épitaxie par jets moléculaires ou autres.

Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 2c, le support 2 est soumis à un traitement par exemple chimique tel que oxydation, hydrogénation ou autre permettant de modifier fortement l'état de contrainte dans le support nanostructuré 2, ce qui provoque la dilatation ou la contraction de sa nanostructure. Cette dilatation ou contraction du support nanostructuré 2 entraîne une dilatation ou contraction correspondante de la couche mince 1 à l'interface avec le support nanostructuré 2. La contraction ou la dilatation du support nanostructuré 2 permet respectivement de diminuer ou d'augmenter le paramètre de maille de la couche mince 1 dans le plan de l'interface.

Le procédé selon l'invention consiste ensuite à procéder à une épitaxie 4 par exemple en parfait accord de maille sur la surface libre de la couche mince déformée 1. Par exemple, il peut être procédé à une épitaxie d'une couche de InGaAs sur une couche mince de InP déformée.

Les fig. 3, 3b et 4b illustrent un autre exemple de réalisation d'un substrat mettant en œuvre le procédé selon l'invention et visant à éliminer l'étape d'assemblage du support nanostructuré avec la couche mince. Tel que cela apparaît plus précisément à la fig. 3, le support 2 est nanostructuré partiellement par un procédé permettant la porosification nanométrique d'une partie de sa structure

cristalline ou par un procédé permettant la croissance d'une couche nanostructurée. Le support 2 comporte une couche 2₁ non nanostructurée et une couche 2₂ nanostructurée. Cette couche 2₁ peut être contrainte par rapport à la couche 2₂ avant l'opération de déformation. De plus, les couches 2₁ et 2₂ peuvent être de nature chimique différente ou non. Par exemple, le support 2 comporte une couche 2₁ de silicium-germanium (Si_xGe_{1-x}) monocristallin et une couche 2₂ de silicium nanostructuré. La couche 2₁ de Si_xGe_{1-x} monocristallin est contrôlée en épaisseur afin de constituer la couche mince 1. Tel que cela ressort plus précisément de la fig. 3b, un tel support nanostructuré est traité pour assurer sa déformation, de manière à assurer une déformation correspondante de la couche mince 1 de Si_xGe_{1-x} monocristallin. Comme expliqué ci-dessus, cette opération de déformation permet de faire varier le paramètre de maille de la couche mince 1 de Si_xGe_{1-x} monocristallin dans le plan de l'interface autorisant comme illustré à la fig. 4b, une opération d'épitaxie 4 d'un matériau cristallin tel que GaAs en accord de maille.

Les fig. 3a à 5a illustrent une autre variante de réalisation de mise en œuvre du procédé selon l'invention à partir d'un support nanostructuré 2 décrit à la fig. 3 visant également à réaliser la couche mince 1 par-dessus au moins une couche intermédiaire en silicium monocristallin 2₁ du support nanostructuré 2. Les critères de choix de l'épaisseur de cette couche intermédiaire 2₁ sont les mêmes que pour la couche mince 1. Sur cette couche intermédiaire 2₁ de silicium monocristallin, il est prévu de former une couche mince 1, par exemple en phosphore d'indium. Conformément à la fig. 4a, un tel support 2 est traité pour assurer sa déformation permettant de modifier le paramètre de maille de la couche mince 1 de phosphore d'indium. Bien entendu, le paramètre de maille de la couche 2₁ de silicium monocristallin a également changé. Comme cela apparaît plus précisément à la fig. 5a, il peut être procédé à une épitaxie 4 d'un matériau cristallin tel qu'une couche InGaAs sur la couche mince 1 de phosphore d'indium. Cette variante peut être utilisée si la réalisation de la couche mince 1 est plus facile à réaliser sur la couche de silicium monocristallin 2₁ que sur la couche de silicium poreux nanostructuré 2₂. De manière générale, il est évident que dans le cas où le support nanostructuré 2 est partiellement nanostructuré, la couche 2₂ représente la partie nanostructurée du support et la couche 2₁, la partie non nanostructurée.

Tel que cela ressort de la description qui précède, la couche mince 1 est choisie de manière à posséder, après traitement du support nanostructuré 2, un paramètre de maille correspondant au paramètre de maille du matériau cristallin destiné à être formé par croissance épitaxiale sur ladite couche mince 1. Il est à noter que la couche mince 1 peut être formée ou réalisée sur le substrat nanostructuré 2 sous une forme précontrainte ou non. De plus, la couche mince 1 est formée ou réalisée sur un support 2 non encore ou déjà nanostructuré.

La couche mince 1 présente une épaisseur qui est déterminée en fonction de deux critères :

- 10 - la couche mince 1 doit être d'épaisseur suffisamment faible devant le support nanostructuré 2 pour éviter, après la déformation, une courbure trop importante du substrat (support nanostructuré et couche mince),
- la couche mince doit être d'épaisseur suffisamment faible pour que la déformation n'engendre pas de défauts structuraux et reste donc de nature élastique.

15 D'une manière générale, la nature de la couche mince sera choisie par rapport aux propriétés physiques modifiées attendues après déformation. Dans le cas particulier d'une hétéroépitaxie, le matériau constituant la couche mince 1 sera choisi en fonction du matériau qui doit être épitaxié par-dessus de façon que leurs paramètres de maille soit le plus proche possible l'un de l'autre. Par exemple, sur la couche mince 1, il peut être effectué le dépôt de polymères ou la croissance épitaxiale d'un matériau cristallin choisi parmi les matériaux :

- Semi-conducteurs tels que :
 - Famille IV-IV : Si, Ge, $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$, SiC, $\text{Si}_x\text{Ge}_y\text{C}_{1-x-y}$
 - Famille III-V : $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{As}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}$, $\text{Al}_x\text{In}_{1-x}\text{As}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$, $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{P}$, $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$, $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Sb}$, $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{Sb}$, $(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})_{1-y}\text{Tl}_y\text{As}$, $(\text{Ga}_x\text{In}_{1-x})_{1-y}\text{Tl}_y\text{P}$,
 - Famille II-VI : $\text{Zn}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}_y\text{Se}_{1-y}$, $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$
- Supra conducteurs tels que YBaCuO,
- Magnétiques tels que :
 - 30 - matériaux ferromagnétiques : Fer, Cobalt, Nickel ainsi que leurs alliages et quelques terres rares,
 - matériaux paramagnétiques.

Tel que cela ressort de la description qui précède, l'objet de l'invention concerne un procédé permettant de modifier les propriétés d'une couche mince 1 préalablement réalisée sur un support nanostructuré 2 en le déformant pour entraîner une déformation correspondante de la couche mince.

5 Ce procédé permet d'obtenir un substrat comprenant un support nanostructuré 2 déformé à la suite d'un traitement et sur la surface duquel est réalisé au moins une couche mince 1 déformée en correspondance du support. Un tel substrat est destiné à comporter une couche mince d'un matériau quelconque formant la couche mince 1. Une application de ce substrat est la réalisation de composants électroniques
10 susceptibles de profiter des propriétés modifiées apportées par la déformation de la couche mince 1. Une autre application possible d'un tel substrat est de constituer un élément optoélectronique en utilisant la possibilité de modifier les propriétés optiques de la couche mince obtenues par la déformation de sa structure.

Les fig. 6a à 6c illustrent un autre exemple d'application du procédé selon
15 l'invention permettant d'utiliser les propriétés piézoélectriques d'une couche mince.

Selon cet exemple d'application, le procédé consiste à réaliser sur un support nanostructuré 2 au moins une couche mince 1 réalisée en un matériau possédant des propriétés piézoélectriques. Il est ensuite réalisé sur cette couche mince 1, une opération de lithographie pour faire laisser subsister des zones piézoélectriques z tel
20 que cela apparaît plus précisément à la fig. 6b. Il est à noter qu'il peut être réalisé différents types d'opérations de lithographie tels que optique, électronique ou aux rayons X.

Le traitement d'un tel support nanostructuré 2 pour assurer sa déformation tel que décrit précédemment conduit à une déformation correspondante de la couche
25 mince 1 permettant de faire apparaître des charges électriques au niveau de la couche mince et notamment au niveau des zones piézoélectriques 3 tel que cela apparaît clairement à la fig. 6c. Il est à noter que l'opération de lithographie peut être réalisée après l'opération de traitement du support nanostructuré poreux 2 entraînant sa déformation.

30 Le procédé selon l'invention permet aussi d'obtenir un substrat pour la micro-,nano-technologie. Ainsi, dans le cas où la couche mince 1 formée sur le

support nanostructuré est réalisée en un matériau piézoélectrique, il peut être obtenu des éléments de forme contrôlée utilisant des propriétés piézoélectriques.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDICATIONS

1 - Procédé pour modifier les propriétés d'une couche mince (1) réalisée en surface d'un support (2) formant un substrat (3) utilisé dans le domaine de la micro-,nano-électronique ou de la micro-,nano-technologie, caractérisé en ce qu'il
5 consiste :

- à réaliser sur un support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), au moins une couche mince (1),

- et à traiter le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2) pour générer des contraintes internes dans le support entraînant sa déformation au moins
10 dans le plan de la couche mince de manière à assurer une déformation correspondante de la couche mince pour en modifier ses propriétés.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à traiter le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2) par voie chimique pour assurer une déformation correspondant à une dilatation ou à une contraction de sa
15 nanostructure.

3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à choisir un support nanostructuré à surface spécifique élevée (2) parmi diverses nanostructures à base de métaux, de semi-conducteurs ou de matériaux diélectriques.

4 - Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il consiste après le
20 traitement du support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), à effectuer sur la couche mince (1), la croissance épitaxiale d'un matériau cristallin.

5 - Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il consiste à choisir une couche mince (1) apte à posséder après traitement du support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), un paramètre de maille correspondant au paramètre de maille
25 du matériau cristallin destiné à être formé par croissance épitaxiale sur ladite couche mince (1).

6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser sur le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), une couche mince (1) précontrainte ou non.

7 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à former sur
30 le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), au moins une couche

intermédiaire (2₁) entre la couche mince (1) et le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2).

8 - Procédé selon les revendications 4, 5 et 7, caractérisé en ce qu'il consiste à effectuer sur la couche mince (1), la croissance épitaxiale d'un matériau cristallin
5 choisi parmi les matériaux semi-conducteurs, magnétiques ou supra-conducteurs.

9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser sur le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2) une couche mince (1) réalisée en un matériau possédant des propriétés piézoélectriques.

10 - Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser sur
10 la couche mince (1) une opération de lithographie pour faire apparaître des zones piézoélectriques (z).

11 - Procédé selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'il consiste à déformer le support nanostructuré à surface spécifique élevée (2) de manière qu'apparaisse des charges électriques au niveau de la couche mince.

15 12 - Substrat pour la micro-,nano-électronique ou pour la micro-,nano-technologie, caractérisé en ce qu'il est formé par un support nanostructuré à surface spécifique élevée (2) et déformé à la suite d'un traitement et sur la surface duquel est réalisé au moins une couche mince (1) déformée en correspondance du support.

20 13 - Substrat selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte une couche épitaxiale (4) d'un matériau cristallin semi-conducteur, magnétique ou supra-conducteur, formée sur la couche mince (1).

14 - Substrat selon la revendication 12, caractérisé en ce que la couche mince (1) est réalisée en un matériau piézoélectrique.

25 15 - Application du substrat selon la revendication 12 à la réalisation d'un élément optoélectronique.

16 - Application du substrat selon la revendication 12 à la réalisation d'un composant électronique.

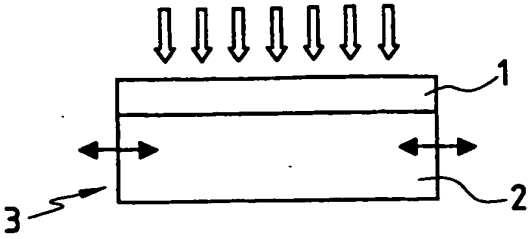


FIG. 1

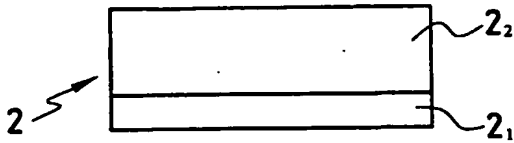


FIG. 2A

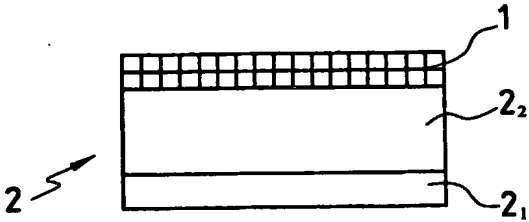


FIG. 2B

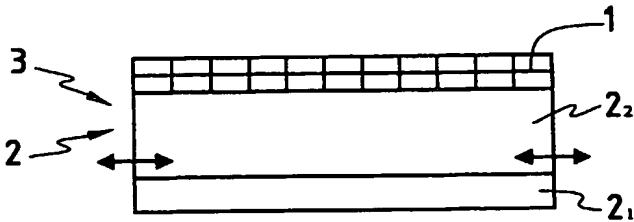


FIG. 2C

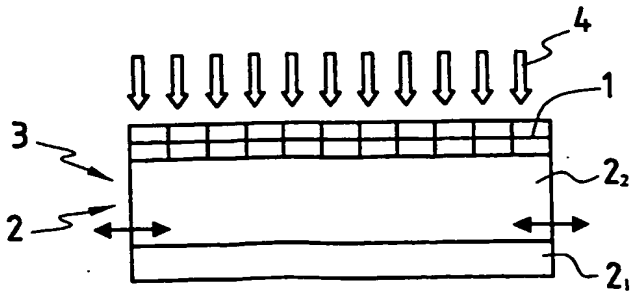


FIG. 2D



FIG. 3

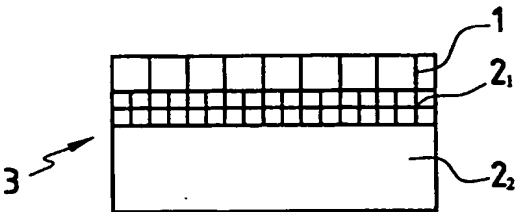


FIG. 3A

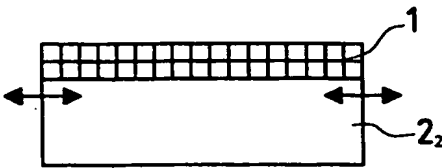


FIG. 3B

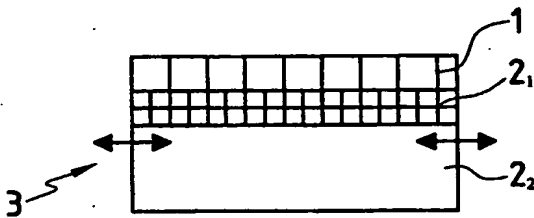


FIG. 4A

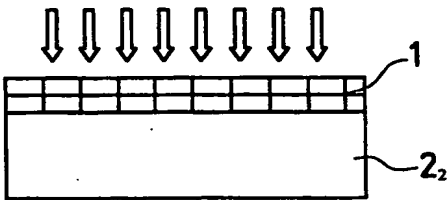


FIG. 4B

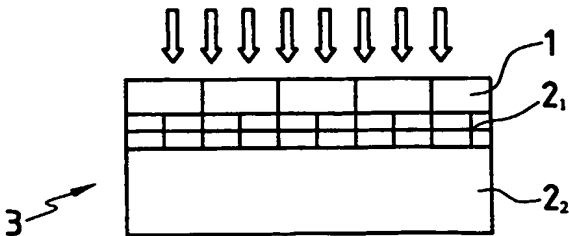


FIG. 5A

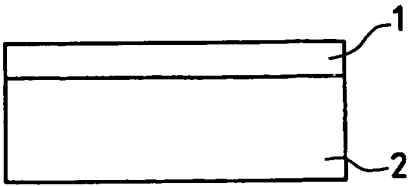


FIG. 6A

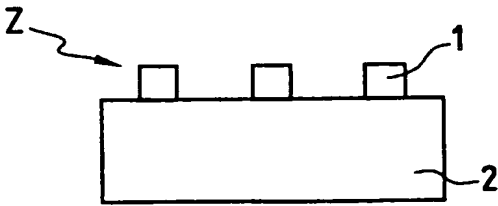


FIG. 6B

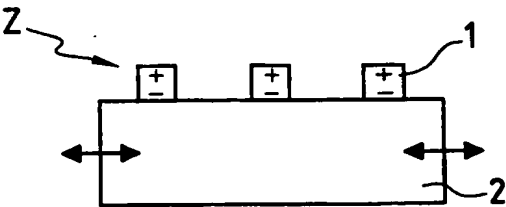


FIG. 6C

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

10/512077

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
4 décembre 2003 (04.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2003/099707 A3(51) Classification internationale des brevets⁷ :

H01L 21/20, B81C 1/00

(74) Mandataire : THIBAUT, Jean-Marc; Cabinet Beau de
Loménie, 51, avenue Jean Jaurès, B. P. 7073, F-69301 Lyon
Cedex 07 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2003/001423

(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(22) Date de dépôt international : 7 mai 2003 (07.05.2003)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

02/05731

7 mai 2002 (07.05.2002) FR

(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : UNI-
VERSITE CLAUDE BERNARD LYON I [FR/FR]; 43,
boulevard du 11 Novembre 1918, F-69622 Villeurbanne
Cedex (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : MARTY,
Olivier [FR/FR]; 3, rue Bouteille, F-69001 Lyon (FR). LY-
SENKO, Volodymyr [UA/FR]; 4, allée Julien Duvivier,
F-69100 Villeurbanne (FR).

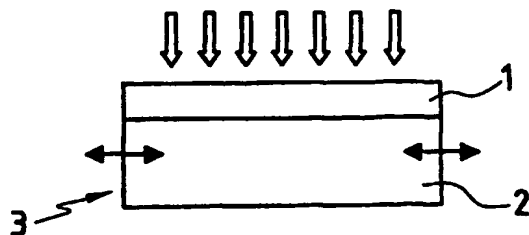
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(88) Date de publication du rapport de recherche
internationale:

8 avril 2004

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF ALTERING THE PROPERTIES OF A THIN FILM AND SUBSTRATE IMPLEMENTING SAID
METHOD(54) Titre : PROCEDE POUR MODIFIER LES PROPRIETES D'UNE COUCHE MINCE ET SUBSTRAT FAISANT APPLICA-
TION DU PROCEDE

thereof.

(57) Abstract: The invention relates to a method of altering
the properties of a thin film (1) which is disposed on the sur-
face of a support (2), thereby forming a substrate (3) which is
used in the field of micro- and nano-electronics and micro- and
nano-technology. The inventive method consists in producing
at least one thin film (1) on a nanostructured support having a
large specific surface area (2) and treating said nanostructured
support (2) in order to generate internal stresses therein. In this
way, a deformation is produced in said support at least in the
plane of the thin film in such a way as to ensure a correspond-
ing deformation in the thin film, in order to alter the properties(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé pour modifier les propriétés d'une couche mince (1) réalisée en surface d'un support
(2) formant un substrat (3) utilisé dans le domaine de la micro-, nano-électronique ou de la micro-, nano-technologie, consistant à
réaliser sur un support nanostructuré à surface spécifique élevée (2), au moins une couche mince (1), et à traiter le support nanostruc-
turé à surface élevée (2) pour générer des contraintes internes dans le support entraînant sa déformation au moins dans le plan de la
couche mince de manière à assurer une déformation correspondante de la couche mince pour en modifier ses propriétés.



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/R 01423

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L21/20 B81C1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L B81C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ROMANOV S I ET AL: "GESI FILMS WITH REDUCED DISLOCATION DENSITY GROWN BY MOLECULAR-BEAMEPITAXY ON COMPLIANT SUBSTRATES BASED ON POROUS SILICON" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 75, no. 26, 27 December 1999 (1999-12-27), pages 4118-4120, XP000902592 ISSN: 0003-6951 cited in the application table 1 figure 1 page 4118, column 1, line 25 -page 4119, column 1, line 17 page 4119, column 2, line 9 -page 4120, column 2, line 13	1-4, 8, 12-16
A	---	5-7, 9-11
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 September 2003

Date of mailing of the international search report

16/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Polesello, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR/01423

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22 September 2000 (2000-09-22) -& JP 2000 091627 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 31 March 2000 (2000-03-31) abstract figures 1,3	1,3,7,8, 12-16
A	----- FR 2 689 912 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 15 October 1993 (1993-10-15) figure 4 page 14, line 4 -page 17, line 6 -----	2,4-6, 9-11
A	SANCHEZ J J ET AL: "Structural and morphological characteristics of InGaAs/GaAs quantum well structures on tilted (111)B GaAs grown by MBE" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 192, no. 3-4, 1 September 1998 (1998-09-01), pages 363-371, XP004142190 ISSN: 0022-0248 figure 1 paragraph '0002! -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR/01423

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2000091627	A	31-03-2000	NONE	
FR 2689912	A	15-10-1993	FR WO	2689912 A1 9321365 A2
				15-10-1993 28-10-1993

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De... Internationale No

PCT/F.../01423

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/20 B81C1/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01L B81C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	ROMANOV S I ET AL: "GESI FILMS WITH REDUCED DISLOCATION DENSITY GROWN BY MOLECULAR-BEAMEPITAXY ON COMPLIANT SUBSTRATES BASED ON POROUS SILICON" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 75, no. 26, 27 décembre 1999 (1999-12-27), pages 4118-4120, XP000902592 ISSN: 0003-6951 cité dans la demande tableau 1 figure 1 page 4118, colonne 1, ligne 25 -page 4119, colonne 1, ligne 17 page 4119, colonne 2, ligne 9 -page 4120, colonne 2, ligne 13	1-4, 8, 12-16
A	---	5-7, 9-11
	--/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

5 septembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

16/09/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Polesello, P

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR/01423

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22 septembre 2000 (2000-09-22) -& JP 2000 091627 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD), 31 mars 2000 (2000-03-31) abrégé figures 1,3	1,3,7,8, 12-16
A	FR 2 689 912 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 15 octobre 1993 (1993-10-15) figure 4 page 14, ligne 4 -page 17, ligne 6	2,4-6, 9-11
A	SANCHEZ J J ET AL: "Structural and morphological characteristics of InGaAs/GaAs quantum well structures on tilted (111)B GaAs grown by MBE" JOURNAL OF CRYSTAL GROWTH, NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO. AMSTERDAM, NL, vol. 192, no. 3-4, 1 septembre 1998 (1998-09-01), pages 363-371, XP004142190 ISSN: 0022-0248 figure 1 alinéa '0002!	1-16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres des familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR/01423

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2000091627	A	31-03-2000	AUCUN	
FR 2689912	A	15-10-1993	FR 2689912 A1 WO 9321365 A2	15-10-1993 28-10-1993